



# 3  
7-23-02  
DRS

Attorney Docket: 225/50968  
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: KLAUS KEILHOFER ET AL  
Serial No.: 10/091,598 Group Art Unit: 3661  
Filed: MARCH 7, 2002 Examiner: To Be Assigned  
Title: METHOD FOR OPERATING A LOAD-DEPENDENT POWER-  
GENERATING SYSTEM IN A VEHICLE

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

**Box Missing Parts**  
Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 101 11 562.8, filed in Germany on March 10, 2001, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

June 7, 2002

Respectfully submitted,

Gary R. Edwards  
Registration No. 31,824

CROWELL & MORING, LLP  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 11 562.8

**Anmeldetag:** 10. März 2001

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen  
Stromerzeugungssystems in einem Fahrzeug

**IPC:** B 60 L 11/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Mai 2002  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Wallner,

DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

FTP/S - fis  
22.02.2001

Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen  
Stromerzeugungssystems in einem Fahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems in einem Fahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der EP 0633 157 B1 ist ein gattungsgemäßes Verfahren zur dynamischen Regelung der Leistung für eine Brennstoffzelleneinheit in Fahrzeugen mit elektrischem Antriebsmotor bekannt. Dabei wird aus der Fahrpedalstellung ein Leistungssollwert für die Brennstoffzelleneinheit ermittelt. Die Steuerung der Leistung der Brennstoffzelleneinheit erfolgt über eine Regelung des Massenstroms des Oxydanten, der der Brennstoffzelleneinheit zugeführt wird. Um zu verhindern, daß der elektrische Antriebsmotor mehr Leistung von der Brennstoffzelleneinheit anfordert, als diese momentan liefern kann, wird dem elektrischen Antriebsmotor ein korrigierter Leistungssollwert zugeführt, der aus dem tatsächlichen Oxydantmassenstrom ermittelt wird.

Aus der DE 195 41 575 C2 ist ein Verfahren zur Ermittlung eines Stromsollwertes für ein lastabhängiges Stromerzeugungssystem, insbesondere für ein Brennstoffzellensystem, in einem Elektrofahrzeug bekannt. Dabei werden ausgehend von der Fahrpedalstellung Sollwerte für die Motorstrangströme des elektrischen Antriebsmotors ermittelt. Der Leistungssollwert für das Stromerzeugungssystem wird aus den Sollwerten für die Motorstrangströme des elektrischen Antriebsmotors generiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das dynamische Verhalten des eingangs beschriebenen Verfahrens weiterzuentwickeln und zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Der Vorteil der Erfindung ist, daß die Auswertung der Fahrpedalbewegung/-stellung eine vorausschauende Berechnung des Leistungssollwertes ermöglicht und somit ein zeitlicher Verzug zwischen angeforderter Leistung und Hochfahren bzw. Herunterfahren des Stromerzeugungssystems überbrückt werden kann. Durch die frühere Anforderung der vorausschauend berechneten, künftigen Leistung verbleibt dem Stromerzeugungssystem mehr Zeit für die Erzeugung des Antriebsstroms, und der elektrische Antriebsmotor kann die Fahrerwunschsleistung schneller und dynamischer erreichen. Die Berücksichtigung der Fahrpedalbewegung führt zu einer Verbesserung der Dynamik gegenüber Verfahren, die nur die Fahrpedalstellung heranziehen.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei die Figuren zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems in einem Fahrzeug und

Fig. 2 ein Stromdiagramm zur Erläuterung der Dynamik des Stromsollwerts, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren generiert wird.

Nachfolgend ist anhand der Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems beschrieben. Das Stromerzeugungssystem ist besonders für den Einsatz mit stark veränderlichen Leistungsanforderungen geeignet, insbesondere für den Einsatz in Fahrzeugen. Das Stromerzeugungssystem 1 versorgt einen elektrischen Antriebsmotor 2 und weitere nicht dargestellte, elektrische Verbraucher in einem Fahrzeug mit Energie. Bevorzugt ist das Stromerzeugungssystem 1 ein Brennstoffzellensystem. In Block 3 werden aus der Fahrpedalbewegung, insbesondere der Winkelbeschleunigung des Fahrpedals, und der Fahrpedalstellung FP, der aktuellen Drehzahl  $n_{\text{Mot}}$  des elektrischen Antriebsmotors 2 und dem aktuellen Solldrehmoment  $M_{\text{soll}}$  des elektrischen Antriebsmotors 2 eine vorausschauende Drehzahl  $n_{\text{vor}}$  und ein vorausschauendes Solldrehmoment  $M_{\text{vor}}$  des elektrischen Antriebsmotors 2 generiert. FP kennzeichnet die Fahrpedalstellung und die Fahrpedalbewegung. Anschließend wird in Block 5 anhand eines Kennfeldes aus der vorausschauenden Drehzahl  $n_{\text{vor}}$  und dem vorausschauenden Solldrehmoment  $M_{\text{vor}}$  ein Leistungssollwert P für den elektrischen Antriebsmotor 2 ermittelt. In Block 6 wird aus dem Leistungssollwert P mit Hilfe eines weiteren Kennfeldes eine vorausschauende Spannung  $U_{\text{vor}}$  des Stromerzeugungssystems 1 generiert. Der vorausschauende Stromsollwert  $I_{\text{soll}}$  für das Stromerzeugungssystem 1 ergibt sich dann aus der Division des Leistungssollwertes P mit der vorausschauenden Spannung  $U_{\text{vor}}$ .

Um die maximale Dynamik des Systems zu nutzen, erfolgt die Stromanforderung an das Stromerzeugungssystem 1 vor der Leistungs- bzw. Momentenanforderung an den elektrischen Antriebsmotor 2. Dadurch kann die Hochlaufzeit des Stromerzeugungssystems überbrückt werden. Durch die

mathematische Auswertung der Fahrpedalbewegung und der Fahrpedalstellung kann die Stromanforderung vorausschauend berechnet werden. Bei der Auswertung wird sowohl die Geschwindigkeit als auch der Bereich des Fahrpedalweges berücksichtigt. Wird z. B. aus konstanter Fahrpedalstellung heraus das Fahrpedal schnell durchgetreten, so wird eine dementsprechend hohe Leistung und ein dementsprechender Strom angefordert. Erfolgt dies jedoch nahe dem oder bei Vollastbetrieb, so ist die angeforderte Zusatzleistung durch die maximal verfügbare Leistung des Stromerzeugungssystems begrenzt und dies wird entsprechend berücksichtigt.

Durch die vorausschauende Berechnung der Spannung  $U_{vor}$  des Stromerzeugungssystems 1 wird die Dynamik und die Genauigkeit der Berechnung des Stromsollwertes  $I_{soll}$  wesentlich verbessert. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Berechnung der vorausschauenden Spannung  $U_{vor}$  die störungsbehaftete Rückkopplung einer gemessenen Spannung des Stromerzeugungssystems 1 ersetzt.

Die Berücksichtigung der aktuellen Drehzahl  $n_{Mot}$  und des aktuellen Solldrehmoments  $M_{soll}$  des elektrischen Antriebsmotors führt zu einer schnellen Berechnung der Stromanforderung  $I_{soll}$  für das Stromerzeugungssystem, die einen stetigen Übergang zwischen dem aktuellen Zustand und dem zukünftigen, dem Fahrerwunsch entsprechenden Zustand des elektrischen Antriebsmotors garantiert. Dies resultiert in einem ruhigen Fahrverhalten des Fahrzeugs.

Zusätzlich wird in Block 4 aus der Änderung des Drehmomentsollwertes  $M_{soll}$  des elektrischen Antriebsmotors 2 ein Stromkorrekturwert  $\Delta I$  ermittelt und mit dem Stromsollwert  $I_{soll}$  für das Stromerzeugungssystem 1 summiert. Der Eingangswert von Block 4 ist der Drehmomentsollwert  $M_{soll}$ , die Ausgangswerte sind der Stromkorrekturwert  $\Delta I$  und der Drehmomentsollwert  $M_{soll}$ . Der Drehmomentsollwert  $M_{soll}$  stellt eine Eingangsgröße des elektrischen Antriebsmotors 2 dar. In Block 4 wird, bevorzugt

mittels Differenzierung, der Anstieg des Drehmomentsollwertes  $M_{soll}$  überwacht. Bei entsprechender Zunahme des Drehmomentsollwertes  $M_{soll}$  wird die Stromanforderung an das Stromerzeugungssystem 1 erhöht, indem ein Stromkorrekturwert  $\Delta I$  zum Stromsollwert  $I_{soll}$  für das Stromerzeugungssystem addiert wird.

Die Überwachung der Zunahme des Solldrehmomentes  $M_{soll}$  erfolgt, damit auf Momentenanforderungen an den elektrischen Antriebsmotor von zusätzlich zum Fahrpedal im Fahrzeug vorhandenen, nicht dargestellten Komponenten, z. B. Tempomatregelung, Creeper, ESP, mit einer entsprechenden Erhöhung der Stromanforderung bzw. des Sollstromwertes  $I_{soll}$  für das Stromerzeugungssystem 1 reagiert werden kann. Vorteilhaft ist, daß nicht die Momentenanforderung jeder einzelnen Komponente sondern die zusammengekommene Momentenanforderung der Komponenten ausgewertet wird. Dies vermindert den Bedarf an Rechenleistung.

Zusätzlich wird die aktuelle Stromaufnahme  $I_{Mot}$  des elektrischen Antriebmotors 2 ermittelt und einer Vergleichsstelle 10 eines Regelkreises als Sollwert zugeführt. Der von dem Stromerzeugungssystem zur Verfügung gestellte Strom  $I_{ist}$  wird ebenfalls ermittelt und der Vergleichsstelle 10 des Regelkreises als Istwert zugeführt. In der Vergleichsstelle 10 wird die aktuelle Stromaufnahme  $I_{Mot}$  des elektrischen Antriebmotors 2 mit dem von dem Stromerzeugungssystem 1 zur Verfügung gestellten Strom  $I_{ist}$  verglichen. Das Vergleichsergebnis wird in Block 8 gefiltert und dann einem ersten Regler 7 zugeführt, mit dessen Hilfe der Stromsollwert  $I_{soll}$  des Stromerzeugungssystems 1 auf die aktuelle Stromaufnahme  $I_{Mot}$  des elektrischen Antriebmotors 2 eingeregelt wird.

Bevorzugt ist der erste Regler 7 ein sogenannter P-Regler (proportional wirkender Regler) und Block 8 ein Glättungsfilter, vorzugsweise ein Verzögerungsglied 1. Ordnung.

Zusätzlich wird das Vergleichsergebnis der Vergleichsstelle 10 einem zweiten Regler 9 zugeführt, mit dessen Hilfe bei einem positiven Vergleichsergebnisse der Drehmomentsollwert  $M_{soll}$  des elektrischen Antriebsmotors 2 reduziert wird.

Der zweite Regler 9 ist vorzugsweise ein sogenannter PI-Regler (Proportional-Integral-Regler). In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Parameter des zweiten Reglers 9 von der aktuellen Drehzahl  $n_{Mot}$  des elektrischen Antriebsmotors abhängig.

Der erste und/oder der zweite Reglers 7, 9 sind vorteilhaft einzusetzen, um die Differenz zwischen der aktuellen Stromaufnahme  $I_{Mot}$  des elektrischen Antriebsmotors und dem von dem Stromerzeugungssystem 1 zur Verfügung gestellten Strom  $I_{ist}$  auszugleichen.

In Fig. 2 ist ein Stromdiagramm zur Erläuterung der Dynamik des Stromsollwertes, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren generiert wird, dargestellt. Dargestellt ist der zeitliche Verlauf des Stromsollwertes. Die durchgezogene Kurve stellt den Stromsollwert  $I_{soll}$  dar, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren generiert wird. Die gestrichelte Kurve stellt einen Stromsollwert dar, der bei einem zweiten Verfahren generiert wird, das aus der Fahrpedalbewegung/-stellung FP den Drehmomentsollwert für den elektrischen Antriebsmotor ermittelt und den Stromsollwert für das Stromerzeugungssystem aus dem Drehmomentsollwert für den elektrischen Antriebsmotor generiert. Der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ermittelte Stromsollwert  $I_{soll}$  erreicht seinen stationären Wert deutlich schneller als der bei dem zweiten Verfahren ermittelte Stromsollwert. Das heißt, die Dynamik des erfindungsgemäßen Verfahrens ist besser als die Dynamik des zweiten Verfahrens.



DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

FTP/S - fis  
22.02.2001

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems (1), das wenigstens einen elektrischen Antriebsmotor (2) in einem Fahrzeug mit elektrischer Energie versorgt, wobei ein Leistungssollwert (P) für den elektrischen Antriebsmotor (2) aus einer Fahrpedalstellung ermittelt wird und eine Stromanforderung an das Stromerzeugungssystem (1) vor einer Momentenanforderung an den Antriebsmotor (2) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß zur Berechnung des Leistungssollwertes (P) zusätzlich die Fahrpedalbewegung herangezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Berechnung des Leistungssollwertes (P) zusätzlich die aktuelle Drehzahl ( $n_{\text{Mot}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2) und das aktuelle Solldrehmoment ( $M_{\text{Soll}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2) herangezogen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine vorausschauende Drehzahl ( $n_{\text{Vor}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2) aus der Fahrpedalbewegung und/oder der Fahrpedalstellung und der aktuellen Drehzahl ( $n_{\text{Mot}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2) generiert wird, daß ein vorausschauendes Solldrehmoment ( $M_{\text{Vor}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2) aus der Fahrpedalbewegung und/oder der Fahrpedalstellung und dem aktuellen Solldrehmoment ( $M_{\text{Soll}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2)

generiert wird, und  
daß aus der vorausschauenden Drehzahl ( $n_{\text{vor}}$ ) und dem vorausschauenden Solldrehmoment ( $M_{\text{vor}}$ ) mit Hilfe eines entsprechenden Kennfeldes der Leistungssollwert ( $P$ ) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß aus dem Leistungssollwert ( $P$ ) eine vorausschauende Spannung ( $U_{\text{vor}}$ ) des Stromerzeugungssystems (1) generiert wird, und  
daß der Stromsollwert ( $I_{\text{soll}}$ ) aus dem Leistungssollwert ( $P$ ) und der vorausschauenden Spannung ( $U_{\text{vor}}$ ) des Stromerzeugungssystems (1) ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zusätzlich aus der Dynamik des Drehmomentsollwertes ( $M_{\text{soll}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2) ein Stromkorrekturwert ( $\Delta I$ ) ermittelt und mit dem Stromsollwert ( $I_{\text{soll}}$ ) für das Stromerzeugungssystem (1) summiert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die aktuelle Stromaufnahme ( $I_{\text{Mot}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2) ermittelt und einer Vergleichsstelle (10) eines Regelkreises als Sollwert zugeführt wird,  
daß der von dem Stromerzeugungssystem zur Verfügung gestellte Strom ( $I_{\text{ist}}$ ) ermittelt und der Vergleichsstelle (10) des Regelkreises als Istwert zugeführt wird,  
daß die Vergleichsstelle (10) die Differenz zwischen der aktuellen Stromaufnahme ( $I_{\text{Mot}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2) und dem von dem Stromerzeugungssystem zur Verfügung gestellten Strom ( $I_{\text{ist}}$ ) bildet, und  
daß bei positiver Differenz der Stromsollwert ( $I_{\text{soll}}$ ) des

Stromerzeugungssystem (1) mittels eines ersten Reglers (7) erhöht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß bei positiver Differenz der Drehmomentsollwert ( $M_{\text{soll}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors (2) mittels eines zweiten Reglers (9) reduziert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß als erster Regler (7) ein P-Regler mit vorgeschaltetem Verzögerungsglied 1. Ordnung (8) verwendet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß als zweiter Regler (9) ein PI-Regler verwendet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Parameter des zweiten Reglers (9) von der aktuellen Drehzahl ( $n_{\text{Mot}}$ ) des elektrischen Antriebsmotors abhängig sind.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß als Stromerzeugungssystem (1) ein Brennstoffzellensystem verwendet wird.

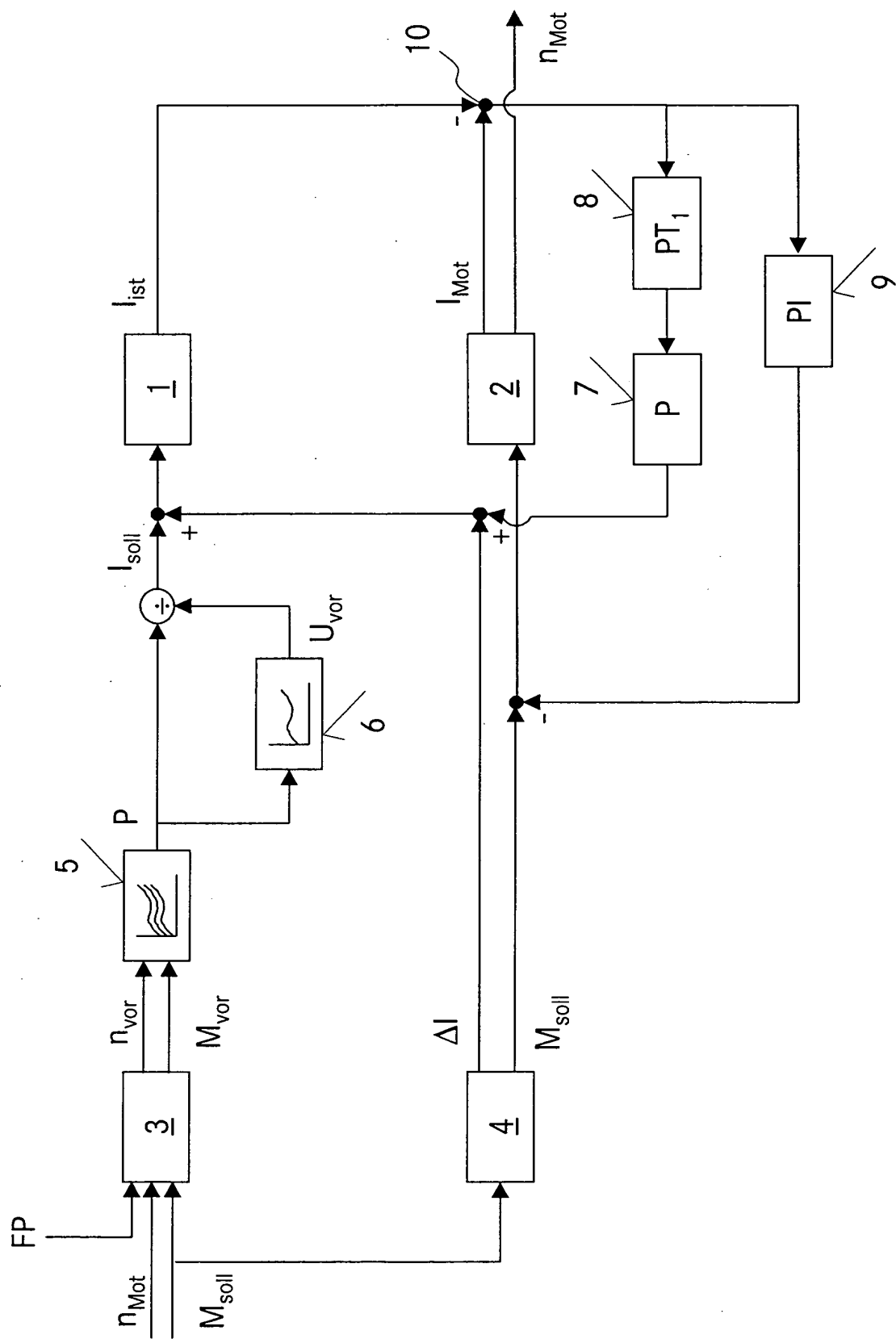


Fig. 1

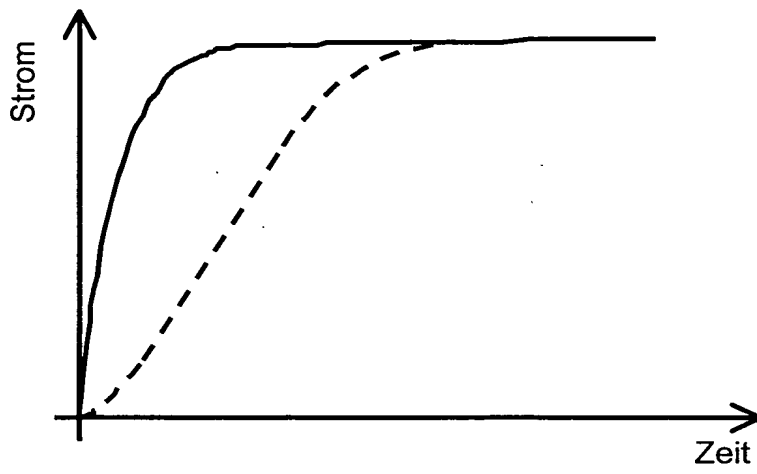


Fig. 2

DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

FTP/S - fis  
22.02.2001

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines lastabhängigen Stromerzeugungssystems, das wenigstens einen elektrischen Antriebsmotor in einem Fahrzeug mit elektrischer Energie versorgt, wobei ein Leistungssollwert für den elektrischen Antriebsmotor aus einer Fahrpedalstellung ermittelt wird und eine Stromanforderung an das Stromerzeugungssystem vor einer Momentenanforderung an den Antriebsmotor erfolgt, und wobei zur Berechnung des Leistungssollwertes zusätzlich die Fahrpedalbewegung herangezogen wird.